Aus dem
Arbeitsphysiologischen Institut der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau
Direktor: Prof. Dr. Adolf Basler

Der Einfluß der Übung für einige im täglichen Leben vorkommende Tätigkeiten auf die bei Ausführung eben dieser Bewegungen nachweisbare Kraft.

Inaugural-Dissertation

zur
Erlangung des Doktorgrades in der Medizin
bei der Hohen Medizinischen Fakultät der
Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Breslau

Vorgelegt von

Helmut Thieme.

Breslau 1940.

Buchdruckerei und Verlag Eugen Jakubik, Breslau 10, Wörtherstrasse Nr. 6

Gedruckt mit Genehmigung
der medizinischen Fakultät der Universität Breslau.

I. Referent: Prof. Dr. Basler.

II. Referent: Prof Dr. Schriever.

Dekan: Prof. Dr. Gottron.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern
und meinem Grossvater, dem Presidenten
Carl Schreiner in Dankbarkeit
gewidmet.

Die Zahl der Untersuchungen über die Kräftigung verschiedener Muskeln durch absichtlich ausgeführte Übungen ist so groß und die dabei gewonnenen Ergebnisse sind so bekannt, daß es sich erübrigt auf dieselben einzugehen. Nicht minder bekannt ist die Tatsache, daß es berufliche Tätigkeiten gibt, die den gesamten Organismus zu großen Kraftleistungen befähigen. Der Schmied ist dem Schneider, der Lastträger dem Schreiber körperlich überlegen.

Ich erinnere nur an die klassischen Arbeiten von Quetelet, Roberts sowie die von Cathcart[1]) und seinen Mitarbeitern im Jahre 1915 an Fabrikarbeiterinnen und Studentinnen ausgeführten Untersuchungen. Von den zuletzt genannten Autoren wurde die Lendenkraft, die Armkraft und die Vitalkapazität festgestellt. In ähnlicher Richtung bewegen sich auch die Untersuchungen von Ufland[2]).

Über die Anpassung des motorischen Apparates für eine bestimmte Bewegungsform eines Körperabschnittes an erhöhte Beanspruchung durch häufiges Ausführen eben dieser Bewegung wissen wir noch verhältnismäßig wenig.

Problemstellung.

Aus diesem Grunde bin ich gern der Aufforderung von Herrn Prof. Basler gefolgt, den Einfluß einiger spezifischer Tätigkeiten wie sie bei bestimmten Berufen oder auch im täglichen Leben vorkommen, auf die Leistung der zugehörigen Muskeln zu untersuchen. Solche spezifische Tätigkeiten sind z. B. das Waschen, das Heben oder Tragen von schweren Lasten, wie wir es in landwirtschaftlichen Betrieben finden, das Maschinenschreiben und dergleichen.

Das Waschen.

Die größte Kraft beim Waschen wird wohl bei den reibenden Bewegungen, die in dem Vorwärtsstrecken und Zurückziehen der Arme bestehen, angewandt.

Als Versuchspersonen kamen Waschfrauen in Betracht, die zum Teil seit Jahrzehnten ihrem Beruf nachgehen. So war von

[1]) E. P. Cathcart, E. M. Bedale, C. Blair, K. Macleod and E. Weatherhead. The Physique of Women in Industrie. Medical Research Council. Industrial Fatique Research Board. Report Nr. 44. London: Majesty Stationery Office 1927.

[2]) J. M. Ufland, Arbeitsphysiologie, Bd. 7, S. 232, 1934.

vornherein anzunehmen, daß bei Personen dieser Berufsgruppe die Bewegungen der Arme nach vorn sowie zum Körper hin durch die langjährige Tätigkeit mit größerer Kraft ausgeführt wurden als bei anderen Personen.

Um festzustellen ob und inwieweit diese Annahme zutrifft, bediente ich mich der folgenden Einrichtung:

An der aus einem Röntgenstativ herausgenommenen Säule f ist in Schulterhöhe eine Rolle c befestigt. Über sie läuft eine Schnur b, die an ihrem einen Ende mit dem als Griff dienenden Rahmen a und an ihrem anderen Ende mit der Ziehwaage d verbunden ist. Diese Ziehwaage d ist an dem eisernen Querbalken e angebracht.

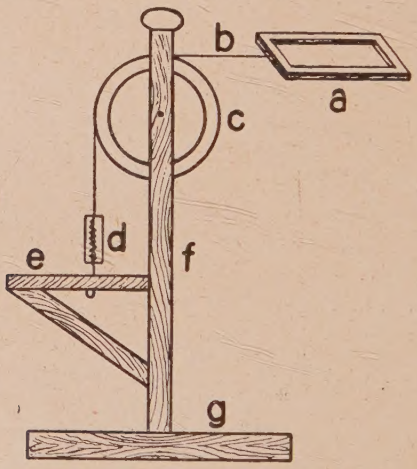


Abb. 1 Einrichtung zur Untersuchung der beim Waschen ausführten Bewegungen.

Die Versuche wurden folgendermaßen ausgeführt: Zunächst ließ ich die in dem Rahmen stehende Versuchsperson den Griff fassen und denselben mit der beim Waschen vorkommenden Armbewegung nach vorn stoßen. Weiterhin prüfte ich die entsprechend umgekehrte Bewegung, d. h. das Zurückziehen des Griffes nach dem Körper zu. Diese der Tätigkeit des Waschens entnommene Bewegung wurde sowohl einhändig wie zweihändig ausgeführt. Bei Ausführung dieser Versuche mußte darauf geachtet werden, daß die Versuchsperson ihren Körper nicht aus der Ausgangsstesllung bewegte, beziehungsweise sich weder mit dem ganzen Körpergewicht gegen den Griff stemmte, noch an ihm hing.

Wie groß bei den Waschfrauen die Kraft in der oben erwähnten Richtung war, mag Tabelle 1 zeigen, die als Beispiel angeführt sei.

Tabelle 1

Versuch mit der Waschfrau G. Reinert. Alter: 35 Jahre, Größe: 1,57 m, Gewicht: 68 kg.

Stoßen:	Rechter Arm	15 kg
	Linker Arm	16 kg
	Beide Arme	24 kg
Ziehen:	Rechter Arm	21 kg
	Linker Arm	22 kg
	Beide Arme	31,5 kg

Bei einer gleich alten ungefähr gleich großen und im gleichen Ernährungszustande befindlichen Frau, die wenig wäscht, waren die Ergebnisse so, wie sie aus Tabelle 2 hervorgehen.

Tabelle 2.

Versuch mit der Hausfrau H. Hillmann. Alter: 35 Jahre, Größe: 1,62 m, Gewicht: 51 kg.

Stoßen:	Rechter Arm	8,5 kg
	Linker Arm	9,0 kg
	Beide Arme	14,0 kg
Ziehen:	Rechter Arm	14,0 kg
	Linker Arm	15,0 kg
	Beide Arme	18,0 kg

Um nicht auf den Vergleich verschiedener Individuen angewiesen zu sein und um zu zeigen, daß bei den Waschfrauen nur diejenigen Bewegungen kräftiger ausgeführt wurden, die bei der täglichen Beschäftigung gebraucht werden, habe ich die rohe Kraft des Armes mit der Kraft eines Körperteiles verglichen, der beim Waschen bestimmt nicht tätig ist, nämlich der Kraft der dritten Zehe bei ihrer Beugung.

Über die Kraft der dritten Zehe bei Frauen liegt aus dem Arbeitsphysiologischen Institut eine Angabe vor. Bei den Untersuchungen von H a h n [3]) schwankten sie zwischen 3,0 und 4,1 kg.

Für meine eigenen Bestimmungen der Zehenkraft wurde auf der Trittplatte f einer gut geeichten Personen-Federwaage a ein senkrecht nach oben stehendes Messingstäbchen c befestigt, das an seinem oberen Ende einen kleinen horizontal stehenden Teller d trägt, gerade groß genug zur Aufnahme einer Zehe. Für die Versuche stellte sich die zu untersuchende Person auf das Tischchen e. Der Fuß wurde so auf das Tischchen aufgesetzt, daß die zu untersuchende Zehe mehrere Zentimeter über die Platte f des Tischchens hinausragte. Die Versuchsperson wurde dann aufgefordert mit der Zehe des Fußes das Messingstäbchen c soweit

[3]) J. H a h n, Über die Kraft der menschlichen Zehen. Diss. Breslau 1937, S. 8.

wie möglich herunter zu drücken. Die geleistete Anzahl von kg wurde dann an der Personen-Federwaage a abgelesen.

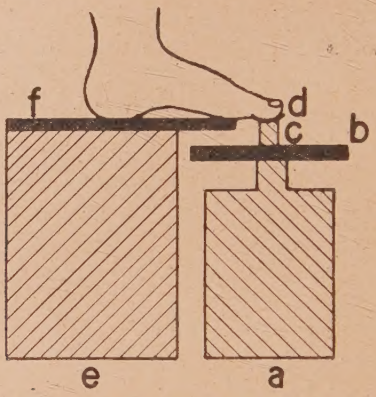


Abb. 2 Einrichtung für die Bestimmung der Zehenkraft.

Es wurde stets darauf geachtet, daß die Versuchsperson nicht ihre Verse erhob, sondern nur mit der jeweils zu untersuchenden Zehe das Messingstäbchen c herunterdrückte.

Bei der Waschfrau Reinert besaß die dritte Zehe bei der Beugung eine Kraft von 4,5 kg. Mit ihr habe ich nun den früher aufgefundenen Wert für die Waschbewegung der Arme (das Stoßen) in Beziehung gebracht, indem ich die Kraft der Arme zum Zähler und die Zehenkraft zum Nenner eines Bruches machte. Somit ergibt sich der Wert 24 : 4,5 = 5,53 oder wenn nur der rechte Arm in Betracht gezogen wird der Wert 15 : 4,5 = 3,33 d. h. der rechte Arm war für die untersuchte Bewegung dreimal so kräftig wie die dritte Zehe. Bei der der Tabelle 2 zugrundegelegten Versuchsperson konnte der rechte Arm nur eine Kraft von 8,5 kg ausüben, während die Zehenkraft 4,0 kg betrug. So erhalten wir den Quotienten 8,5 : 4 = 2,13. In diesem Falle war die beim Vorstoßen des rechten Armes ausgeübte Kraft nur 2,13 mal so groß wie die Zehenkraft. Beide Arme zusammen brachten nur 3,5 mal soviel Kraft auf wie die dritte Zehe gegenüber dem Wert 5,33 bei der Waschfrau. Daß die Kraft beider Arme sowohl beim Ziehen wie beim Vorwärtsbewegen kleiner war als die Summe der Kraft des rechten und der Kraft des linken Armes, braucht uns nicht zu verwundern. Dieses Ergebnis entspricht vollkommen dem von Basler[4]) hervorgehobenen und von Tantscher[4a]) genauer untersuchten Tatsachenkomplex. Die obige Darstellung bezieht sich auf

[4]) A. Basler, Nachwort zur Arbeit J. Hahn. Arbeitsphys. Bd. 9, S. 476, 1936.

[4a]) Vergl. dazu H. Tantscher, Neue Tatsachen zur Stützung des Gesetzes über die Kraftverminderung bei symmetrischer Aktion. Diss. Breslau 1937.

zwei Frauen, die nur als Beispiel aus der großen Zahl meiner Versuchspersonen, die nicht in Tabelle 7 aufgenommen sind, herausgegriffen wurden. Bei allen waren die Ergebnisse vollkommen übereinstimmend.

Landwirtschaftliche Tätigkeiten.

Ähnliche Verhältnisse ergaben sich auch bei Frauen, die in der Landwirtschaft tätig sind. Als Vergleich diene der Versuch, der mit dem Landmädchen Frl. Herrmann, Alter: 20 Jahre, Größe: 1,54 m, Gewicht: 58 kg und der 23 Jahre alten, 1,55 m großen und 51 kg schweren Zeitungsverkäuferin Frl. Langner, die ihre Arme so gut wie garnicht anzustrengen braucht, ausgeführt wurde. (Vergleiche Tabelle 3 und 4.)

Tabelle 3.

Versuch mit der Landarbeiterin E. Herrmann. Alter: 20 Jahre, Größe: 1,54 m, Gewicht: 58 kg.

Stoßen:	Rechter Arm	14 kg
	Linker Arm	13 kg
	Beide Arme	18 kg
Ziehen:	Rechter Arm	28 kg
	Linker Arm	27 kg
	Beide Arme	34 kg

Tabelle 4.

Versuch mit der Zeitungsverkäuferin E. Langner. Alter: 23 Jahre. Größe: 1,55 m, Gewicht: 51 kg.

Stoßen:	Rechter Arm	8 kg
	Linker Arm	9 kg
	Beide Arme	12 kg
Ziehen:	Rechter Arm	17 kg
	Linker Arm	18 kg
	Beide Arme	22 kg

Tabelle 5.

Versuch mit der Landarbeiterin M. Gerlach. Alter: 13 Jahre, Größe: 1,54 m, Gewicht: 46 kg.

Stoßen:	Rechter Arm	14 kg
	Linker Arm	13 kg
	Beide Arme	16 kg
Ziehen:	Rechter Arm	22 kg
	Linker Arm	20 kg
	Beide Arme	26 kg

Tabelle 6.

Versuch mit der Landarbeiterin E. Pelz. Alter: 16 Jahre, Größe: 1,58 m, Gewicht: 48 kg.

Stoßen:	Rechter Arm	12 kg
	Linker Arm	13 kg
	Beide Arme	18 kg
Ziehen:	Rechter Arm	19 kg
	Linker Arm	20 kg
	Beide Arme	25 kg

Tabelle 7.

Versuchspers., die ihre Arme stark beanspruchen	Alter	Größe	Gewicht kg	Beruf	Rohe Kraft der Arme f. d. Stoßen R. A. kg	f. d. Stoßen L. A. kg	f. d. Ziehen R. A. kg	f. d. Ziehen L. A kg
E. Reichelt	38	1,49	58	Reinemacherin	14	13	20	19
G. Reinert	35	1,57	68	Wäscherin	15	16	21	22
L. Lisse	28	1,62	74	„	14	13	22	20
E. Heider	28	1,50	51	„	14	13	23	22
E. Herrmann	20	1,54	58	Landarbeiterin	14	13	28	27
R. Richel	21	1,58	58	Sportlerin	12	13	22	20
Ch. Budig	15	1,71	51	„	14	13	20	21
E. Pelz	16	1,58	48	Landarbeiterin	14	13	23	22
M. Gerlach	13	1,54	46	„	14	13	22	21
Versuchspers., die ihre Arme wenig beanspruchen								
H. Hillmann	35	1,62	51	Hausfrau mit leicht. Hausarbeit.	8,5	9	14	15
E. Fröhlich	45	1,61	73	„ „	10	11	15	16
M. Goerlich	37	1,53	51	„ „	10	10	16	15
J. Hellmann	33	1,60	62	Pelznäherin	9	10	16	17
A. Beckerer	32	1 55	54	Hausfrau mit leicht. Hausarbeit.	9	8	15	14
G. Koch	16	1,54	57	Hausangestellte	9	10	14	15
A. Sewina	28	1,61	51	Verkäuferin	9	8	14	13
E. Langner	23	1,55	51	Zeitungs-verkäuferin	8	9	16	17

Da die Ergebnisse bei meinen in der Landwirtschaft tätigen Versuchspersonen an den gleichen Bewegungen gewonnen wurden wie in Tabelle 1, so scheint der Schluß nicht unberechtigt, daß durch landwirtschaftliche Arbeiten wie das Dreschen, Garben-

binden, Rübenhacken usw. die gleichen Muskelgruppen gekräftigt werden, wie durch das Waschen. Als weiteren Beleg für das Gesagte mögen die Ergebnisse bei zwei Landmädchen im Alter von 13 und 16 Jahren dienen, (siehe Tabelle 5 und 6), wo trotz der Jugend der Versuchspersonen wesentlich größere Leistungen verzeichnet wurden als bei der erwachsenen Zeitungsverkäuferin (Tabelle 4).

Zum Schluß dieses Kapitels seien einige Versuche, die sich auf die Kraft der Arme bei verschiedenen Berufen beziehen, als Tabelle 7 zusammengestellt. Aus dieser Tabelle ist nun zu ersehen, daß -- wie ja nicht anders zu erwarten war — auch der Sport ähnlich wirkt wie Waschen oder landwirtschaftliche Arbeiten.

Schreibmaschinen-Arbeiten

Für die Untersuchung, ob durch Tätigkeiten, die mit den Fingern ausgeführt werden, die Kraft des Fingers gegenüber anderen Gliedern verhältnismäßig größer wird, bot ganz besonders die Arbeit der Stenotypistin ein klassisches Beispiel.

Methodik.

Die Fingerkraft wurde zunächst mit einer ähnlichen Einrichtung wie die Kraft der Armmuskeln gemessen.

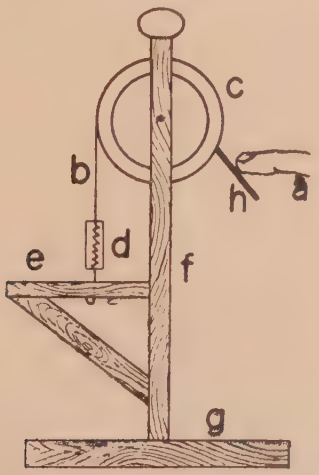


Abb. 3 Apparatur zur Messung der Fingerkraft.

Diesmal wurde die Schnur, die über die Rolle c verläuft, an der Rolle selbst befestigt. Die Kraft des Fingers a wurde dadurch bestimmt, daß er gegen eine an der Rolle c befestigte Welle drückte.

An der Ziehwaage d wurde dann die Anzahl der geleisteten kg abgelesen. Das Drücken auf die Stange h stellte eine gute Nachahmung des Drückens auf die Taste der Schreibmaschine dar.

Außerdem maß ich aber die Fingerkraft auch mit der auf Seite 6 beschriebenen Einrichtung.

Um die Kraftverhältnisse des dritten Fingers bei meinen Versuchspersonen möglichst deutlich herauszustellen, habe ich sie mit der Kraft der dritten Zehe verglichen. So betrug z. B. bei Frl. R. Richel die Kraft des dritten Fingers 6 kg, die Kraft der dritten Zehe 4 kg. Das Verhältnis der beiden Kräfte beträgt also 6 : 4 = 1,5. Bei Frau Lisse, einer schwer arbeitenden Frau, die nicht Schreibmaschine schreibt, betrug die Kraft des gleichen Fingers 5 kg; aber die Kraft der dritten Zehe war bei ihr 9 kg groß. Die auffallend große Kraft der dritten Zehe mag damit zusammenhängen, daß diese Versuchsperson so gut wie immer barfuß geht. Daß aber durch Barfußgehen die vier letzten Zehen besonders kräftig werden [5]), wurde schon mehrfach im hiesigen Institut gezeigt. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß es sich um eine besonders kräftige, durchtrainierte Person handelt, so daß die Fingerkraft mit Rücksicht auf die ganze Konstitution verhältnismäßig recht gering ist. Der gleicherweise bei der letzteren Versuchsperson gebildete Quotient zwischen der Finger- und der Zehenkraft beträgt hier 5 : 9 = 0,55. Hier war also der Finger nur halb so kräftig wie die Zehe.

Die von mir für die Finger ermittelten Kräfte stimmen vollkommen mit den von Tantzscher [6]) gefundenen überein, trotzdem dieser eine durchaus abweichende Versuchseinrichtung benützte.

Nähbewegung.

Für die Feststellung der Maximal-Kraft beim Führen der Nähnadel, schien es wichtig, die beim Nähen ausgeführte Bewegung, die größtenteils in einer Supination des Unterarmes besteht, möglichst getreu nachzuahmen.

Dazu war an dem sich um die Welle a drehenden Rad c ein Stift b befestigt, der an seinem Ende eine schüsselförmige Vertiefung trug. Die Nadel wurde durch einen Draht e dargestellt,

[5]) A. Basler, Über Schädigungen des Fußes durch unzweckmäßiges Schuhwerk. „Gesundheit und Erziehung" 51. S. 122, 1938 und

L. Sombeck, Einfluß des Schuhwerkes auf die Form und die Leistung des Fußes. Diss. Breslau 1938

[6]) H. Tantzscher, Neue Tatsachen zur Stützung des Gesetzes über die Kraftverminderung bei symmetrischer Aktion. Diss. Breslau 1937.

der in die Vertiefung eingeführt das Rad gegen die Kraft einer Federwaage d drehte. Der Druck ließ sich dann an der Ziehwaage d ablesen.

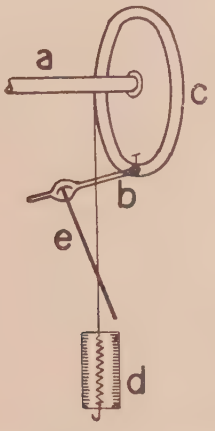


Abb. 4 Nachahmung der Nähbewegung im Versuch.

So fand ich bei einer Pelznäherin, Frau Hellmann, eine Kraftleistung von 14 kg, im Gegensatz dazu bei einer Versuchsperson, die wenig näht, Frl. Budig, eine solche von 9 kg.

Zum Schlusse der Versuche über die Kräftigung der Finger sei hervorgehoben, daß gerade diese Versuche an einer besonders großen Zahl von Versuchspersonen ausgeführt werden müßten. Dann werden sich bestimmt noch auffallendere Werte feststellen lassen, als es auf Grund der Untersuchung des mir zur Verfügung stehenden verhältnismäßig kleinen Materials möglich war. Meine eigenen Versuche sind in der hier folgenden Tabelle 8 zusammengestellt. Wie man aus dieser Tabelle ersehen kann, ist die Druckkraft des 2.—4. und diejenige des 2. und 3. sowie des 2. und 3. und 4. Fingers bei Personen, die diese Finger mehr beanspruchen (wie z. B. bei einer Pelznäherin, Schreibmaschineschreiberin und Wäscherin) verhältnismäßig größer als die Druckkraft bei solchen Personen (wie z. B. bei einer Abteilungsleiterin und Zeitungsverkäuferin), die diese Finger weniger beanspruchen. Vergleichen wir die Schreibmaschineschreiberin Frl. Siol mit der Abteilungsleiterin Frl. Richel, so beträgt die Druckkraft des 2. Fingers für die Erste 7 kg, für die Zweite 5 kg. Ähnliche Vergleiche lassen sich auch mit meinen in der Tabelle angeführten Versuchspersonen und mit anderen Fingern ziehen.

Tabelle 8.

Versuchsperson	2. Finger		3. Finger		4. Finger		2 u. 3. Fing.		2, 3. und 4. Finger	
	R.	L.	R.	L.	R	L.	R.	L.	R.	L.
	kg		kg		kg		kg		kg	
J. Hellmann, Pelznäherin	6	7	5	6	4	5	9	11	11	12
R. Richel Schreibm.-Schreiberin	7	7	6,5	6	5	5	9	10	10	11
E. Langner Zeitungsverkäuferin	5	5	4	4,5	4	3,5	7	6	7,5	8
E. Kretschmer, Schülerin	5	5	4,5	4	3	3	7	8	8	9
K. Lisse, Wäscherin	6	6	5	4	4	3	10	9	11	10
Ch Budig, Schülerin	4,5	4,5	4	4	3	3,5	6	6	7	7
H. Richel Abteilungsleiterin	5	5	4,5	5	4	4	7	8	8	9
E. Siol Schreibm.-Schreiberin	7	7,5	6.5	7	5	5	11	11	12	11

Kräftigung der Wadenmuskulatur.

Für die Kräftigung der Wadenmuskulatur liegen die Verhältnisse insofern anders, als diese nicht durch irgendeine Beschäftigung oder einen Beruf bedingt war, sondern durch die Art der dauernd getragenen Fußbekleidung.

Hohe Absätze, wie ich sie zu meinen Untersuchungen brauchte, werden nur vom weiblichen Geschlecht getragen. Männer konnte ich deshalb für diese Versuchsreihe nicht gebrauchen. Das ist der Grund, weshalb ich auch die anderen Ergebnisse dieser Arbeit nur für weibliche Versuchspersonen zu gewinnen bemüht war.

Es war von vornherein anzunehmen, daß bei Frauen, die gewöhnt sind Schuhe ohne Absätze zu tragen, die Wadenkraft größer wird, weil bei jedem Schritt die Ferse höher gehoben werden muß, als beim Tragen eines Absatzes. Zum experimentellen Nachweis dieser Vermutung habe ich die mir zur Verfügung stehenden Versuchspersonen nach der Höhe des Absatzes eingeteilt. Die erste Kategorie von Versuchspersonen umfaßte Frauen, die dauernd einen Absatz von 5—6 cm Höhe tragen. Für die zweite Gruppe wurden alle diejenigen Personen zusammengestellt, deren Absätze zwischen 3—4 cm schwankten. Die dritte Gruppe wurde gebildet von Frauen, die nur absatzlose Schuhe beziehungsweise

Sandalen trugen, von denen auch einige den ganzen Sommer über barfuß gingen.

Bei allen Versuchspersonen habe ich zunächst nach der bei Himmel[7]) beschriebenen Methode zwar nicht die Wadenkraft aber die größte rohe Kraft bestimmt, die der Fuß mit dem Zehenballengebiet auszuüben vermag. Sie wird am folgenden „Ballenkraft" genannt.

Als Ausgangsstellung wurde der Fuß zunächst so gestellt, daß die Fußsohle bei der liegenden Versuchsperson senkrecht in die Höhe ragte, wobei also die Sohle mit der Unterschenkelachse

Tabelle 9.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Versuchspersonen	Alter	Größe	Gewicht	Zehenballenkraft bei Sohlenstellung 90°	120°	Differenz	Index[1]	Absatzhöhe
			kg	kg	kg		%	
Seiffert	29	1,66	62	125	110	15	12	Hohe Absätze 5—6 cm
Schilke	27	1,55	52	90	75	15	16,66	
Ulber	30	1,61	67	99	72	27	27,27	
Schaletzki	41	1,59	59	70	50	20	28,42	
Hoffmann	24	1,63	61	115	100	15	13,04	
Keil	28	1,47	44	95	80	15	16,66	
Fabian	18	1,62	63	125	110	15	12,00	
Rosbrey	24	1,59	44	110	95	15	13,63	
Elsner	19	1,50	43	110	120	10	13,63	
Mittelwert				104,04	90,22	14,28		
Reichelt	38	1,49	58	84	74	10	11,90	Mittelhohe Absätze 3—4 cm
Lessig	21	1,55	51	90	80	10	11,10	
Gramsch	35	1,57	50	80	70	10	12,50	
Linke	18	1,55	52	95	85	10	10,05	
Eichner	21	1,62	66	95	90	5	5,00	
Budig	12	1,62	49	60	55	5	5,00	
Richel	24	1,62	65	110	105	5	4,50	
Fritsch	11	1,63	48	55	50	5	9,09	
Mittelwert				83,63	76,13	7,5		
Ender	18	1,64	58	90	60	0	1,11	Keine Absätze
Lisse	26	1,62	74	120	120	0	0,83	
Füssel	23	1,65	64	125	125	0	0,80	
Starostzik	22	1,59	54	125	125	0	0,80	
Zaiczek	17	1,70	62	110	110	0	0,90	
Pelz	16	1,58	48	90	90	0	1,11	
Gerlach	13	1,54	48	110	110	0	0,90	
Mittelwert				110,0	110,0	0		

[7]) Himmel, Über die Kraft der Wadenmuskulatur bei Gesunden und Kranken. Vergl. weiter Prof. A. Basler, Über die Anpassung des Organismus an die Umwelt, S. 31—35 (Canton 1933).

einen Winkel von 90° bildete. Das ist nach der Fickschen[8]) Ausdrucksweise die „Grundstellung". Die Ergebnise dieser Kraftbestimmungen sind aus der folgenden Tabele 9 zu ersehen, wobei zunächst nur die Spalten I und V berücksichtiglt werden mögen. Vergleicht man die bei den einzelnen Gruppen gefundenen Werte, dann gehen die Unterschiede der rohen Kraft des Zehenballens ganz und garnicht parallel mit der Höhe des habituell getragenen Absatzes. Ein Unterschied zwischen absatztragenden und nichtabsatztragenden Personen zeigte sich nur dann, wenn auch andere Ausgangsstellungen untersucht wurden, d. h. wenn die Sohle mit der Unterschenkelachse einen Winkel bildete, der von 90° abwich. Bei allen Personen, die gewohnt waren, hohe Absätze zu tragen, wurde mit zunehmender Plantarflexion des Fußes die Kraft kleiner. Das ist eine Beziehung, die auch Beck[9]) festgestellt hat.

Die Kraft war am größten, wenn die Fußsohle mit der Unterschenkelachse einen Winkel von 80° bildete. Sie wurde kontinuierlich kleiner über die senkrechte Stellung der Fußsohle bis zu dem größten von mir untersuchten Fußsohlen-Unterschenkelwinkel von 130°. Der Einfluß der Sohlenstellung ist aus Tabelle 10 zu ersehen.

Tabelle 10 Ballenkraft der Versuchsperson A. Schilke
Absatzhöhe 6 cm = 125°.

Stellung der Fußsohle	Rechter Fuß		Linker Fuß	
	Versuch 1 kg	Versuch 2 kg	Versuch 1 kg	Versuch 2 kg
80°	95	95	90	90
90°	90	90	80	85
110°	90	90	80	80
120°	75	75	70	70
130°	75	75	70	70

Das wird sofort anders, wenn sich die Untersuchung nun auf Personen bezieht, die nie Absätze tragen. In der Tabelle 9 sind nur die Kraftwerte für die Sohlenstellung bei 90° (Spalte V) und bei 120° (Spalte VI) verzeichnet. Ihre Differenz ist aus der VII ten senkrechten Reihe zu ersehen. Sie schwankt bei den Trägerinnen hoher Absäze — von zwei besonders alten Versuchspersonen ab gesehen — zwischen 10 und 15 kg.

Vergleichen wir die genannten Differenzen für meine drei Gruppen von Versuchspersonen, dann zeigt sich ein höchst merk-

[8]) R. Fick, Sitzungsberichte der preußischen Akademie der Wissenschaft. Phys. Math. Klasse Bd. 23, S. 7, 1931.

[9]) Beck, Verhandlung der deutschen orthopädischen Gesellschaft am 25. u. 26. September 1922. Zeitschrift für orthopäd. Chirurgie, Bd 44, S. 129, 1923.

würdiger ganz unerwarteter Einfluß der Absatzhöhe beziehungsweise des vollständigen Fehlens eines solchen.

Bei den Versuchspersonen, die viel barfuß gehen, oder absatzlose Schuhe tragen, war die Kraft bei der Sohlenstellung 90° und 120° gleich. Tabelle 2 gibt die Werte für die Barfußgängerin.

Tabelle 11 Ballenkraft der Barfußgängerin L. Lisse.

Stellung der Fußsohle	Rechter Fuß		Linker Fuß	
	Versuch 1 kg	Versuch 2 kg	Versuch 1 kg	Versuch 2 kg
80°	125	125	130	130
90°	120	120	125	125
110°	120	120	125	125
120°	120	120	125	125
130°	120	120	120	120

Die Trägerinnen mittelhoher Absätze bildeten den Übergang. Als Beispiel mag Tabelle 12 dienen. Von der „Grundstellung" ausgehend wurde die Kraft bei der Sohlenstellung 110° um 5 kg, bei 130° um 10 kg kleiner.

Tabelle 12 Ballenkraft der Versuchsperson H. Richel. Absatzhöhe 3 cm = 110°.

Stellung der Fußsohle	Rechter Fuß		Linker Fuß	
	Versuch 1 kg	Versuch 2 kg	Versuch 1 kg	Versuch 2 kg
80°	110	110	110	110
90°	110	110	110	110
110°	105	105	105	110
120°	105	105	105	110
130°	100	100	105	105

Das durch das Fehlen des Absatzes bedingte Training der Wadenmuskulatur zeigte sich also darin, daß der verkürzte Muskel die gleiche Kraft ausüben konnte, wie der von der physiologischen Ausgangsstellung (Sohle rechtwinklig zur Unterschenkelachse) aus arbeitende.

Noch ein Wort über die VIII. Spalte der Tabelle 9. Da die absoluten Werte der V. und VI. Reihe für die einzelnen Versuchspersonen erheblich voneinander abwichen, schien es nich ganz einwandfrei die Spale VII zum Ausgangspunkt einer Betrachtung zu machen. Ich habe deshalb die Differenz in Prozenten der Kraft bei 90° Sohlenstellung berechnet und in Spalte VII wiedergegeben.

Dabei hat sich kein nennenswerter Unterschied in den Beziehungen gezeigt, sodaß ich ruhig mit den einfachen Differenzen manipulieren kann.

Bei allen Gruppen zeigte sich keine erhebliche Differenz zwischen der Wadenkraft des linken und des rechten Fußes, während nach S c h o c h r i n [10]) die Oberschenkelmuskulatur für das rechte Bein kräftiger ist als für das linke.

Zur Erleichterung der Übersicht habe ich die Ballenkraft für das rechte und linke Bein in die Form der Tabelle 13 gebracht.

Einfluß des Absatzes auf die Kraft für die Ein- und Auswärtskantung des Fußes.

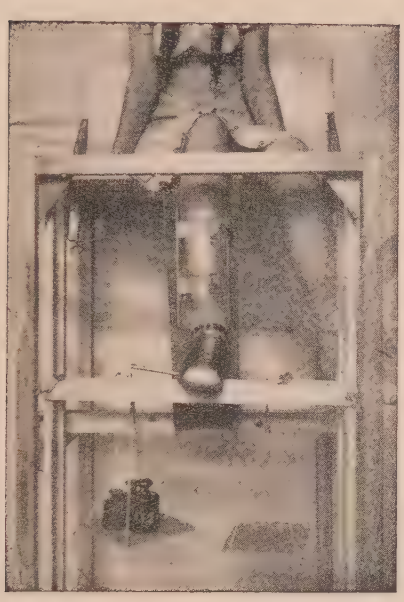
Um diese Bestimmungen ausführen zu können, wurde auf Veranlassung von Herrn Prof. B a s l e r [11]) die folgende Anordnung gebaut:

Tabelle 13.

Versuchsperson	Alter	Größe	Gewicht	Kraft bei 90°		Absatzhöhe
				Rechts	Links	
		m	kg	kg	kg	
Seiffert	29	1,66	62	120	125	Absatzhöhe 5—6 cm
Schilke	27	1,55	52	90	85	
Ulber	30	1,61	67	99	99	
Schaletzki	41	1,59	59	70	75	
Hoffmann	24	1,63	61	110	115	
Keil	28	1,57	44	95	95	
Fabian	18	1,72	63	115	125	
Rosbrey	24	1,59	54	105	110	
Elsner	19	1,60	53	105	110	
Reichelt	38	1,49	58	84	79	Absatzhöhe 3—4 cm
Lessig	21	1,55	51	90	85	
Gramsch	35	1,57	50	80	75	
Linke	18	1,55	52	90	95	
Eichner	21	1,62	66	90	95	
Budig	12	1,62	49	60	60	
Richel	24	1,62	65	110	110	
Fritsch	12	1,63	48	55	55	
Ender	18	1,64	58	90	85	keine Absätze
Lisse	26	1,62	75	120	125	
Füssel	23	1,65	64	115	125	
Starostzik	22	1,59	54	120	125	
Zaiczek	17	1,70	62	110	110	
Pelz	16	1,58	48	90	95	
Gerlach	13	1,54	48	105	110	

[10]) W. A. S c h o c h r i n, Arbeitsphysiologie, Bd. 8, S. 251, 1935

[11]) Vergl. A. B a s l e r, Über die Physiologie und zweckmäßige Bekleidung des Fußes. Arbeitsphysiologie Bd. 10, S. 188, 1938.



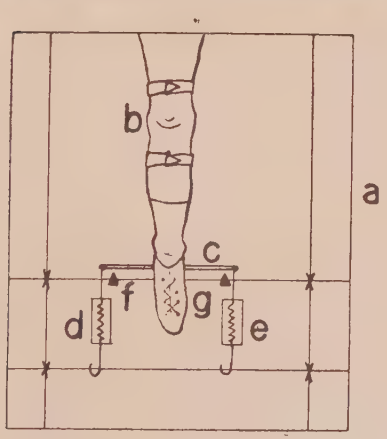


Abb 5 und 6 Bestimmung der Kraft für die Ein- und Auswärtskantung des Fußes.

Das Balkengestell a diente als Sitz für die Versuchsperson. Ihr Unterschenkel wurde in der Blechhülse b mit Lederriemen befestigt. Der Fuß steckte in einem für diesen Zweck hergerichteten

Schuh, der auf der Photographie (Abb. 6) zu erkennen ist. An der unteren Fläche des Schuhes (Abb. 5) war eine 30 cm lange Stange c angebracht, an deren Enden die beiden Federwaagen d und e eingehängt waren. Die beiden Dreiecke f und g stellen Arretierungen für die Stange c dar. Sollte die Untersuchung für den linken Fuß ausgeführt werden, dann saß die Versuchsperson auf der linken Seite (der Zeichnung), des Gestells, so daß der linke Unterschenkel in die Rinne b zu liegen kam. Für diese Untersuchung der Einwärtskantung wurde die Arretierung g weggenommen.

Zur Kontrolle wurden bei einer Versuchsreihe die Ziehwaagen durch Gewichtsschalen ersetzt, wie diese Abb. 6 zeigt, und solange Gewichte ausgelegt, bis dieselben nicht mehr gehoben werden konnten.

Die Ergebnisse stellen die Kraftwerte an den Enden der Stange c dar, deren Länge 30 cm betrug. Um eine Beziehung zum Körper der Versuchsperson herstellen zu können, berechnete ich sie für den untersten Punkt der Ferse. Dazu war folgende Überlegung notwendig. Die Distanz zwischen dem Fersenballen und der sagittal verlaufenden Gelenkachse beträgt rund 5 cm. Die Hälfte des an der Schuhsohle festgemachten Stäbchens c ist 15 cm lang. So können wir das ganze System als einen einarmigen Hebel betrachten mit einem kurzen Hebelarm von 5 cm und einem langen Hebelarm von 15 cm. Dieses Hebelsystem ist dann im Gleichgewicht, wenn die beiden statischen Momente einander gleich sind, also wenn $5 \cdot K = 15 \cdot A$ ist, wobei K die mit dem unteren Ende der Ferse ausgeübte Kraft nach der Seite hin bedeutet und A die Ablesung an der Ziehwaage. Somit ist: $K = \frac{15 \cdot A}{5} = 3\,A$.

Bei Ausführung der Untersuchung ergab sich, daß bei den Versuchspersonen mit hohen Absätzen die besten Ergebnisse erreicht wurden. Die gesamten Versuche sind in der Tabelle 14 zusammengestellt. Daraus ist zu entnehmen, daß die Muskelgruppen, die ein Abknicken des Fußes verhindern, gerade durch den hohen Absatz trainiert werden.

Die Erscheinung darf uns nicht Wunder nehmen, denn das Gehen auf einem hohen Absatz erfordert eine dauernde alternierende Kontraktion zeitweise der inneren, zeitweise der äußeren Unterschenkel-Fußmuskeln.

Daß durch dieses dauernde Balancieren die Muskulatur gekräftigt wird, liegt auf der Hand.

Tabelle 14.

Versuchsperson	Alter	Größe	Gewicht	Einwärts-Kantung	Auswärts-Kantung	Absatzhöhe
		m	kg	kg	kg	
Seiffert	29	1,66	62	27,0	24,0	Absatzhöhe 5—6 cm
Schilke	27	1,55	52	18,0	15,0	
Ulber	30	1,61	67	16,5	13,5	
Schaletzki	41	1,59	59	15,0	12,0	
Hoffmann	24	1,63	61	25,5	18,0	
Keil	28	1,57	44	21,0	16,5	
Fabian	18	1,72	63	19,5	15,0	
Rosbrey	24	1,56	54	18,0	15,0	
Elsner	19	1,60	53	18,0	13,5	
Mittelwert				19,5	15,81	
Reichelt	38	1,49	58	18,0	12,0	Absatzhöhe 3—4 cm
Lessig	21	1,55	51	15,0	12,0	
Gramsch	35	1,57	50	15,0	10,5	
Linke	18	1,55	52	16,5	13,5	
Eichner	21	1,62	66	18,0	13,5	
Budig	12	1,62	49	12,0	9,0	
Richel	24	1,62	65	15,0	12,0	
Fritsch	12	1,63	48	13,5	10,5	
Mittelwert				15,4	11,63	
Ender	18	1,64	58	13,5	10,5	Keine Absätze
Lisse	26	1,62	74	16,5	12,0	
Füssel	23	1,65	64	12,0	9,0	
Starostzik	22	1,59	54	15,0	12,0	
Zaiczek	17	1,70	62	15,0	10,5	
Mittelwert				14,4	10,8	

Betrachtungen über die Muskelkräftigung an der unteren Extremität.

Diese Versuchsreihe zeigt das Training des täglichen Lebens besonders schön, weil die Muskeln, deren Leistungsfähigkeit verändert wird, dem gleichen Glied angehören. Ganz besonders eindrucksvoll werden die Ergebnisse, wenn wir auch wieder die unter Spalte VII, Tabelle 9, verzeichnete Differenz der Kräfte für den Wadenmuskel in Beziehung zu den Kräften für Einwärts- oder Auswärtskantung setzen. Jetzt erhalten wir für die Supination der Absatzträgerinen (vergl. Tabelle 15) den Quotienten 19,5 : 14,3 = 1,36. Bei den Trägerinnen mittelhoher Absätze beträgt der Wert 15,4 : 7,5 = 2,05, d. h. die Kraft für die Supination ist doppelt so groß wie die Verminderung der Ballenkraft durch Plantarflexion.

Tabelle 15

Fußbekleidung	Verminderung der Kraft durch Plantarflex.		Kraft für Supination	Quotient
	kg			kg
Hohe Absätze 3—4 cm	14.3	:	19,5	0,73
Mittelhohe Absätze 3—4 cm	7,5	:	15,4	0,48
Barfußgänger	0	:	14,4	0

Bei den Barfußgängerinnen läßt sich die gleiche Beziehung formulieren 14,4 : 0 = 00; in Worten ausgedrückt: die Verringerung der Ballenkraft durch Plantarflexion ist so klein, daß sie sich nicht mit der Supinationskraft vergleichen läßt.

Ermüdbarkeit bestimmter Muskelgruppen unter dem Einfluß spezifischen Trainings.

Der Einfluß der Übung für eine bestimmte Tätigkeit zeigte sich, wie nicht anders zu erwarten war, in einer Abnahme der Ermüdbarkeit. Bei der Armtätigkeit fand sich z. B. bei der oben schon erwähnten Waschfrau und bei der Hausfrau H. Hillmann ein Ergebnis, das in der folgenden Tabelle dargestellt ist.

Tabelle 16.

Nr. der Bewegungsübung für das Stoßen	Versuchsperson, die die Arme stark beanspruchte Fr. Lisse (Waschfrau)		Versuchsperson, die die Arme wenig beanspruchte Fr. Hellmann (Hausfrau)	
	R. A.	L. A.	R. A.	L. A.
	kg	kg	kg	kg
11	14,0	13,0	8,5	9,0
12	14,9	13,0	8,5	9,0
13	14,0	13,0	8,5	9,0
14	14,0	13,0	8,5	9,0
15	14,0	13,0	8,0	8,5
16	14,0	13,0	7,5	8,0
17	14,0	13,0	7,0	8,0
18	14,0	13,0	6,0	7,0
19	13.5	12,5	5.0	4,0
20	13,0	12,0	4,0	3,0

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Bei Wäscherinnen ergab sich eine größere Kraft bei den Armkraftmessungen für Ziehen und Wegschieben (Nachahmung der beim Waschen ausgeübten Tätigkeit) als bei Frauen, die wenig waschen.
2. Besonders deutlich wurde der Einfluß der Tätigkeit beim Vergleich mit der Kraft eines beim Waschen nicht gebrauchten Gliedabschnittes z. B. einer Zehe.
3. Ähnliche Verhältnisse ergaben sich auch bei Frauen, die in der Landwirtschaft tätig sind.
4. Bei Stenotypistinnen scheint die rohe Kraft des 2. und 4. Fingers im Vergleich zu anderen Gliedabschnitten gesteigert zu sein.
5. Bei Näherinnen war die Kraft gerade für solche Bewegungen vergrößert, wie sie zum Führen der Nadel durch den Stoff notwendig sind.
6. Bei barfuß gehenden Personen war entgegen der allgemeinen Annahme die Wadenkraft nicht deutlich größer als bei Personen die dauernd Absätze tragen.
7. Aber eine Kräftigung in Plantarflexionsstellung des Fußes war bei allen Personen, die keine Absäzte tragen, zweifellos vorhanden.
8. Unabhängig von der Höhe des getragenen Absatzes zeigte sich keine erhebliche Differenz zwischen der Wadenkraft des linken und des rechten Fußes.
9. Die Kraft für die Einwärts- und Auswärtskantung des Fußes war bei Personen, die hohe Absätze tragen, größer als bei solchen, die barfuß gehen oder mittelhohe Absätze tragen.
10. Die Kraft für die Einwärtskantung war bei allen Gruppen größer als diejenige für die Auswärtskantung.

An dieser Stelle möchte ich mir gestatten, Herrn Prof. A. Basler für die freundliche Zuweisung des Themas, für die wertvollen Hinweise während der Versuche und für seine ganz besonders interessanten wissenschaftlichen Anregungen meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Am 6. Dezember 1909 wurde ich als zweiter Sohn des Pfarrers Walter Thieme und seiner Ehefrau Hertha, geborene Schreiner, in Berlin geboren. Ich besuchte zuerst die Herderschule in Berlin-Charlottenburg, danach das Hindenburg-Reform-Realgymnasium in Löwenberg in Schlesien, wo ich am 27. Februar 1932 die Reifeprüfung bestand. Anschließend immatrikulierte ich mich am 19. 4. 1932 an der Breslauer Friedrich-Wilhelm-Universität, um das medizinische Studium zu beginnen. Die gesamte medizinische Studienzeit verbrachte ich in Breslau, wo ich am 21. April 1936 das Physikum und am 20. Juni 1940 das medizinische Staatsexamen bestand. Am 8. Juli wurde mir die Bestallung als Arzt erteilt.